

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.05.045

桥梁运维感知服务技术与数字化转型研究

韩鹏¹,程子韬²

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市200092;2.住房和城乡建设部科技与产业化发展中心,北京市100835]

摘要:以城市数字化转型大趋势为背景,结合桥梁管养需求,论述了桥梁运维感知服务体系的技术构成,阐释其对城市运行和服务社会、服务国家的多层次意义,并在线感知、智能巡检和平台服务方面提出了部分技术拓展建议。在此基础上,综合探讨了在道路桥梁建设和管养领域开展数字化转型的关键问题,并提出了相应建议。

关键词:桥梁;感知;数字化;新城建

中图分类号:U445.7

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)05-0173-04

1 研究背景

城市数字化治理的转型升级,是在新时代深入贯彻习近平总书记关于网络强国、数字中国、智慧社会战略部署,提升城市核心竞争力,坚持以人民为中心开展城市建设和运行工作的客观要求。

国家“十四五”规划纲要要求,推进新型城市建设,提升城市智慧化水平,推行城市楼宇、公共空间、地下管网等“一张图”数字化管理和城市运行一网统管;提高城市治理水平,运用数字技术推动城市管理手段、管理模式、管理理念创新,精准高效满足群众需求^[1]。

住房和城乡建设部《关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见》要求^[2],实施智能化市政基础设施建设和改造,协同发展智慧城市与智能网联汽车,建设智能化城市安全管理平台,全面推进城市信息模型(CIM)平台建设。加快推进基于信息化、数字化、智能化的新型城市基础设施建设,以“新城建”对接新型基础设施建设,引领城市转型升级,推进城市现代化。

城市道路交通基础设施是保障城市正常生产、生活的重要载体,是区域经济实力 and 现代化水平的重要标志,担当着城市生命体系正常运行的“动要素通道”重任。道路、桥梁既承载着繁重的交通任务,又面临诸多突发和渐变风险。由于线路长、交通量大、

环境复杂、桥梁体量大等因素,存在巡检频度不高,可达性不好,人员安全风险高等问题。客观上要求构建设施智能化、服务功能综合化的现代管养体系。以在线感知和智能巡检为代表的桥梁物联网,成为桥梁区域化综合管理的“破局之道”^[3]。

2 桥梁感知服务技术体系

以桥梁安全运维物联网系统为核心的桥梁运维数字化技术体系,总体构架为:面向大量桥梁的广泛应用,采用在线传感的方式实现关键运维安全指标的实时感知,并采用智能巡检的方式互补实现在位置和指标类别上的全覆盖。通过云平台对运维、设计资料等数据进行集约化管理;以计算机终端、手机客户端等形式为管理部门不同用户以不同权限层级的模式提供“智慧服务”,在风险事件条件下,及时通过手机短信、客户端信息等形式向用户提供告警和预警。

技术构成如下:

(1)在线采集

针对道路、桥梁等典型市政交通基础设施,在关键部位,针对与安全直接相关的关键指标,采用现代传感技术,建立从点到区域遍布的物联网感知层,实现安全运维关键指标的实时采集。

(2)智能巡检

针对市政交通基础设施病害、风险的类别多样性和位置不确定性,采用无人机、智能机器人等新技术手段,为现行巡检体系提供高效率、高可达性、高安全性的增值服务和技

(3)管理平台

构建市政交通基础设施区域化运维管理平台,以

收稿日期:2023-02-01

基金项目:住房和城乡建设部研究开发项目(2016-K3-015)

作者简介:韩鹏(1982—),男,博士,高级工程师,从事城市基础设施数字化技术研究工作。

不同层级实现单体、区域到多省市全域交通设施安全垂直管理。建立安全指标区域化实时评估机制,为风险事件的感知、评估和上报提供高效通道,为各级多部门协同工作提供平台支撑。

3 技术推广应用意义

桥梁运维感知服务技术的应用与数字化转型,是对习近平总书记关于网络强国、数字中国、智慧社会战略部署和“人民城市”重要理念的积极响应,也是落实住房和城乡建设部关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见要求,巩固提升城市能级和核心竞争力的实践举措。

立足桥梁本体和运行功能中的实际需求,综合运用新型感知技术、边云融合分析技术、时空数据管理技术,探索构建以桥梁安全运维物联感知为代表的复合式城市道路设施数字化运维体系,并可成为道路全域感知体系的重要组成部分。该体系技术的推广应用,具备以下四个层次的实际意义^[4]:

(1) 数字底图

围绕 CIM(城市信息模型)核心技术,系统性构建城市道路桥梁基础设施领域设备设施分布的三维底图,以数字孪生方式承载物理特性和运行功能的“平行依存”,并依据不同级别授权,为管理部门和关联行业开放数据接口。

(2) 体征感知

在典型城市道路、桥梁及航道桥梁等节点工程中,针对与安全直接相关的关键指标,设置感知终端,建立严整有序的数据采集、存储、分发、应用“体系树”,实时采集路网运行安全和服务需求相关的体征指标。在城市道路公共空间里,实现社会治理和城市运行数据的全方位可控运行。

(3) 运维赋能

在道路桥梁本体和功能数据采集的基础上,以集约化、共享化的数据管控技术,为设施安全保障和人民群众出行需求提供终端服务,为路桥管养提供数字化核心赋能,为城市路网相关部门协同工作提供时空联结平台,从城市运行层面为现代化社会治理体系提供技术支撑。

(4) 服务国家

桥梁与所属城市路网的智能化感知服务体系,以设施本体和服务功能为基础,与“北斗星网”为代表的国家信息基础设施网络相结合,以长线路、区域化布设方式实现城市路网级别的公共安全风险实时

排查,健全道路交通安全防范机制,参与公共区域典型警情事件监测预警、应急处置和城市安全防卫支撑体系,服务国家安全和区域安全。

4 技术拓展建议

以在线感知与智能巡检为基本技术手段的桥梁安全运维物联网系统,是对桥梁区域化运维管理的有力支撑和提升,是交通基础设施管理新业态的重要发展方向。本文所依托的研究项目在调研、技术研发和试点实施的过程中,对桥梁物联网系统相关技术的推广应用,形成了系统性认识,梳理如下问题,值得进一步研究和改进:

(1) 传感器“独立化”需求

传感器是桥梁物联网在线感知系统的“神经元”,在本课题所提倡的“精简化”传感系统中,尽可能通过优化设计,将传感器设置在与运维安全相关的关键部位,从而精简系统总体规模。另一方面,影响系统总体造价的重要因素在于数据采集设备的单价,即,采集设备价格远高于传感器。因而,尽可能通过线缆连接方式,在同一采集设备上连接尽可能多的传感器,以分摊采集设备单机成本。

但是,“跨越”是桥梁结构的根本特征,也是其本质属性,这使得以传感设备的安装,除安装点本身外,尚需解决接线区段的人员可达性。例如,桥梁跨中设置1个传感器,须在跨中和采集仪所在桥梁墩顶(或其它可达性好的部位)之间架设连续的桥架并布设线缆。该操作所需人力物力成本往往远高于安装传感器本身,个别情况甚至成为决定物联网系统可行性的瓶颈,对运营期的设备维护、更换亦提出挑战。

因而,对部分运维指标,将传感本体、采集终端、供电、通信模块集成为一体,形成“独立化”感知体,可在传感器安装的过程中,舍去桥梁跨越段线路布设连接的需求,是未来桥梁物联网传感技术的发展方向。当前,此类技术尚面临功耗、采集频率、电池容量、设备体积和重量等方面的一系列问题,期待将来可以得到有效改进。

(2) 桥梁无人机巡检产业化推广

桥梁巡检专用无人机系统,可有效解决传统人工巡检面临的可达性、安全性等问题,提升桥梁巡检工作的效率和标准化水平。但当前无人机桥梁巡检尚面临诸多问题,各研究单位均以个体化研究为主,尚未形成体系。

目前尚存如下问题:

- a. 桥下无/低卫星信号条件下的定位与导航问题;
- b. 桥下狭小空间的精确飞控和安全防护;
- c. 飞行持时和电池容量之间的矛盾;
- d. 病害自动识别的效率和质量;
- e. 线路规划下的自主飞行检测。

本文相关研发成果表明,可采用物理防撞手段,有效解决梁底接近飞行的安全度和精度,通过系留式长航时无人机解决桥梁巡检的飞行持时问题。

(3) 数据分析服务的人工智能化

以桥梁物联网为代表的土木工程基础设施感知技术,伴随技术改进而逐步提升、完善,但面向不同用户、不同需求的数据服务尚待进一步发展。如何将道路交通基础设施的数据乃至城市层面的运行数据融合解释、评估,从而发掘和解决问题,并以用户喜闻乐见的方式提供贴切的一站式服务,仅靠单一模式、单一行业的基础性技术则不够,其数据分析的体量、维度等,亦超出人工和单一软件或专业平台的技术边界,有待于以人工智能技术实现自多源原始数据至终端智能服务的全维度、全过程数据运行。

5 数字化转型关键问题探讨

2021年,上海、浙江等省市相继推出了以“数字化转型”、“数字化改革”为主题的政策文件^[5,6],标志着以“数字化”为核心的城市管理、社会治理、人民生活全方位变革已经从制度层面支撑开启。

结合省市自身现状和实施目标,政策文件各具特色,但总体方针上,突出强调了一些共性理念。例如,坚持以人民为中心的发展思想、践行“人民城市人民建、人民城市为人民”重要理念;把牢人民城市的生命体征,引领发展格局、治理模式和生活方式变革的关键变量;制度重塑,再造数字时代的社会运转流程,引导市民重塑数字时代的认知能力与思维模式,重构数字时代的社会管理规则,塑造数字时代的城市全新功能;充分整合、归并原有的相关领导机制和议事协调组织,建设跨部门多场景协同应用,等等。

与以往以数字化、信息化技术为“工具”对传统工作和生活予以辅佐、加成有所不同,上述政策文件已将“数字化”提升到“整体性变革”层面。对现实问题的解决和改进,赋予了“以破解问题为工作导向”、“以数字化改革撬动各领域各方面改革”的强势力

量。

在以桥梁为代表的城市路网基础设施领域,“数字化”技术的应用是一个由来已久的议题,但由于该领域的诸多现实因素所限,从建设到管养,均尚未实现与传统业态的全面、深度融合,距离“城市数字化转型”的要求还有差距。针对部分关键问题,阐释如下:

(1) 核心理念有待提升

作为“人民城市”的重要构成,城市路网及其重要节点“桥梁”的安全与合理运行,是人民群众出行安全感和幸福感的重要保障,承载着城市生活的重要“高频事项”,其性能指标属于城市“生命体征”的重要组成部分。

以数字化转型的方式,在道路桥梁管养领域贯彻“人民城市”的重要理念,意味着有必要针对基础设施本体和功能,以数据为核心载体,从系统层面跨越多环节、多部门,对人民群众关心的“提问”给出“直接的回答”。客观上,宜采用技术手段和管理措施,用适宜的表达方式,向市民提供更广泛、更全面、更开放、更高效的基础设施运维数据服务,让人民群众对脚下的道路、桥梁设施“更明晰、更理解、更放心”。

数字化转型的新体系、新范式,可从社会治理、工程应用角度入手,为各类专门需求和跨行业需求构建设施整合、数据融合为核心特征的系统化解决方案,也为路桥管养传统模式的战略型重构、现实问题的“撬动式”破解,提供了有力支撑。有助于相关部门、各环节以“为数字化体系服务”的新模式,在基础设施管养领域承担为人民群众福祉服务的本职任务。

(2) 数字化认知有待转变

“把牢人民城市的生命体征”,是打造科学化、精细化、智能化的超大城市“数治”新范式的首要任务。在路桥基础设施领域,针对设施本体和功能的关键指标,是道路桥梁安全保障和效能实现的“生命体征”,借以数字化手段,即是各类运行数据。

以健康监测、建筑信息模型(BIM)为代表的数字化技术,在桥梁设计、建造和运维管养中应用,已是多年来持续探索和推广应用的议题。在实施过程中,面临的重要问题之一即是,既有决策和管养体系对“数据”作用的接纳和认可。当前的物联网监测数据,尚不能充分对应建设和管养标准体系中的常规、支撑型指标,在项目评定中,难以将感知数据作为主要

的支撑论据给出结论。进而,当数据尚不能直接反馈于“决策”,则技术应用和推广的动力不足,“数据究竟有什么用”是技术推广和项目实施中经常遇到的疑问。

对此,一方面,应通过技术开发和标准改进,逐步建立“以数据支撑决策”的新型体系;另一方面,有必要从认知层面加以转变:生命的体感知系统和生命体征在正常运行的情况下,是“没有感觉”的。与之类似,类似,城市巨系统的“生命体征”在常态运行中,并不表现鲜明特征,仅在异常状况下,以警示等方式发挥作用。因而,大部分数据“无用”或“不太有用”,将是数字化运维的常态。在技术推广中,实施单位也不宜过分凸显数据本身的作用,物联网技术应用的“初心”是为保持安全运行服务,而不是“用故障、事故反衬技术的有效性”。

对道路、桥梁的“生命体征数据”,“无感”不代表无用,“有感”也不宜用于凸显有用。

(3)数字化体系有待构建

以“全面感知化”为特征的城市道路桥梁数字化转型提升,是在城市市政基础设施动态运行管理中扩展和深化覆盖“一网统管”的有力措施。可在城市路网体系实现管理精细化,保障城市交通安全有序运行,构建数字孪生模式的路网“再造”,推动城市路网治理由人力密集型向人机交互型转变,由经验判断型向数据分析型转变,由被动处置型向主动发现型转变。以平台化数据应用,实现路网领域的“一屏观天下、一网管全城”、“高效处置一件事”。可择取典型设施开展示范应用,由点到线、面逐步推进,通过

与传统管养体系的深度融合,做到实战中管用,管养部门愿用,群众感到受用。

面向道路桥梁数字化、智能化运维与管控的实际需求,可针对群众需求和管养工作开展调研,梳理技术和管理问题,分层次、分阶段为转型实施和运行管理提供“靶点”。从社会治理、工程应用角度入手,为各类专门需求和跨行业需求构建设施整合、数据融合(集疏)为核心特征的系统化解决方案。在道路、桥梁建设和管养领域,针对市民关注的“高频事项”和管养工作的常态流程,有必要积极构建针对设施、焦点问题和时间过程的数字化模拟技术;搭建设施管理与服务的“自然思维”与“机器思维”之间的高效转换机制。在技术研究和试点应用的基础上,制定城市道路桥梁数字化运行相关的标准、规程或导则,为技术成果的产业化应用提供制度依据和推进动力。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[Z].2021.
 [2] 住房和城乡建设部,中央网信办,科技部,工业和信息化部,人力资源社会保障部,商务部,银保监会.关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见(征求意见稿)[Z].2020.
 [3] 韩鹏,唐术熙,李攀.探索中小桥梁管养的破局之道——桥梁安全运维智慧服务平台[J].桥梁杂志,2016(2):72-74.
 [4] 盛勇,程子韬,黄仲頌.新型智慧市政设施建设和产业化推进策略研究[J].城市道桥与防洪,2018(7):268-270.
 [5] 上海市委.上海市政府.关于全面推进上海城市数字化转型的意见[Z].2021.
 [6] 浙江省委全面深化改革委员会.浙江省数字化改革总体方案[Z].2021.

~~~~~  
 (上接第 164 页)

层,具有施工速度快、造价低及安全可靠的特点,在城市管网工作井施工中具有较大的优势。通过某一具体案例的应用,对该施工技术进行了更深入的探讨,并采用理论分析结合现场实测数据验证了该施工技术的安全可靠性,对后续类似工程的施工具有较大的借鉴意义。

参考文献:

[1] 郭坤,冯靖辉,李齐军.泥浆置换法沉井在污水工程中的应用[J]给水

排水,2018(4):102-107  
 [2] 刘智勇,许敬,张家国.超深圆形基坑施工过程的力学特性研究[J]路基工程,2016(6):152-155.  
 [3] 单联君,杨先华.巨型环形板撑在深厚泥炭质软土基坑中的应用分析[J]市政技术,2021,39(2):138-142.  
 [4] 张瑞琼.圆形顶管工作井基坑支护实例[J]施工技术,2019(1):4-6.  
 [5] 黄学刚.小直径圆形基坑支护结构设计及其力学性能分析[D].中国地质大学(北京),2013.  
 [6] 董新平,郭庆海.圆型基坑的受力特征及计算模型[J].河南科学,2005,26(1):234-236.